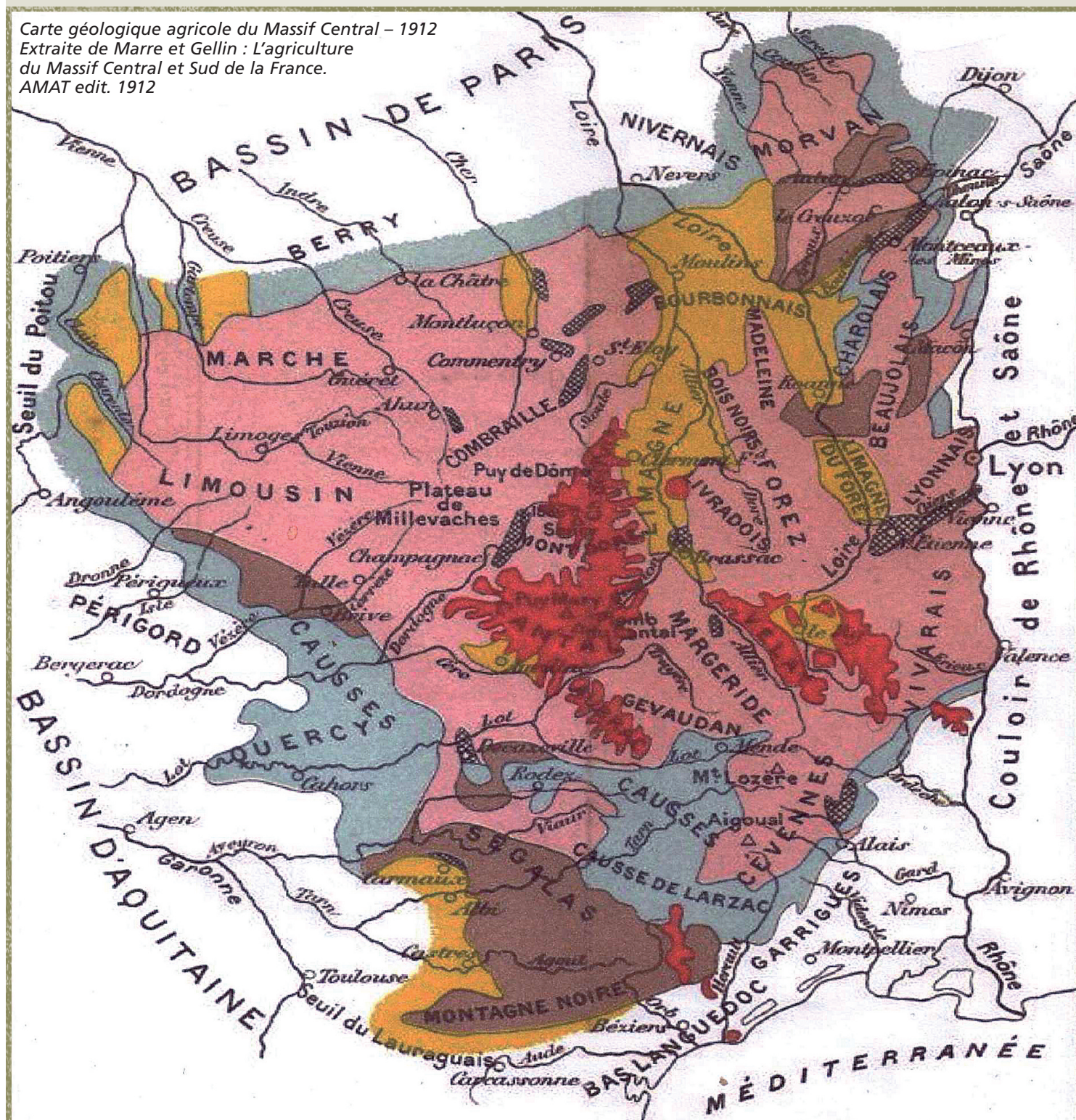


JEUNES VOLCANS D'ARDÈCHE

DE
MARYSE
AYMES
ET CLAUDE
RIGOLLOT

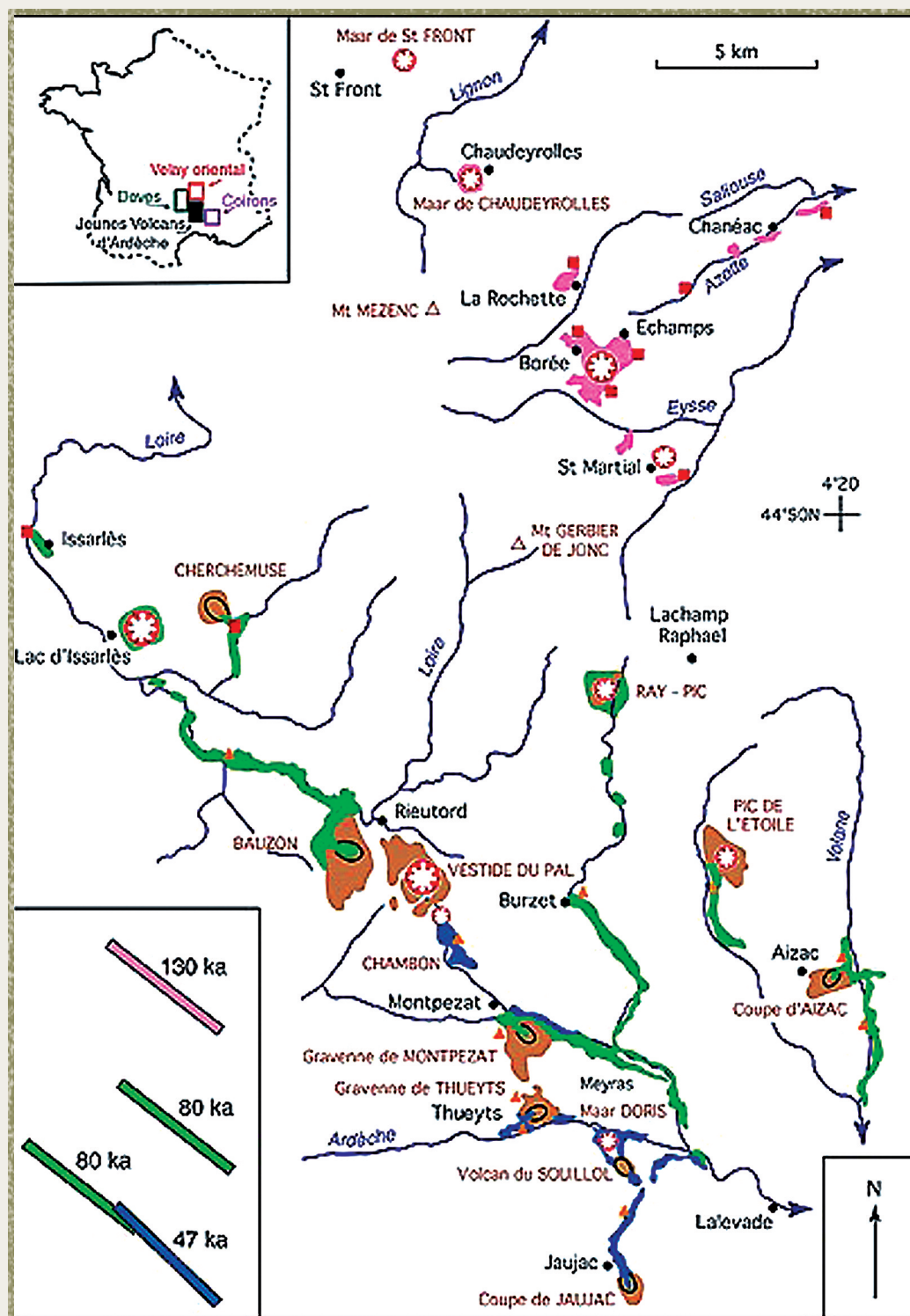
Ayant vu le jour à partir de 130.000 ans, ce sont les plus jeunes volcans du Massif Central, dont ils représentent la partie la plus méridionale de la province volcanique du VELAY-VIVARAIS. Les méthodes de datation par thermoluminescence ou par le C 14 (Berger - 1981- ; Rochette - 1993) leur attribuant des âges allant de 40.000 à 130.000 ans. (annexe 1).

Carte géologique agricole du Massif Central – 1912
Extraite de Marre et Gellin : L'agriculture
du Massif Central et Sud de la France.
AMAT edit. 1912



A la différence des grands massifs volcaniques du Massif Central (Mont Dore, Cantal, Aubrac...), ils constituent un ensemble d'édifices de taille modeste, isolés et alignés selon une direction NW/SE comme on peut le constater sur la carte ci-dessous.

cette dernière, soit une roche volcanique sombre, dense et cohérente, *un basalte*, soit une roche légère et bulleuse, noire ou rougeâtre selon son degré d'oxydation, *une scorie basaltique*, ces deux types de produit coexistant souvent dans le même édifice.

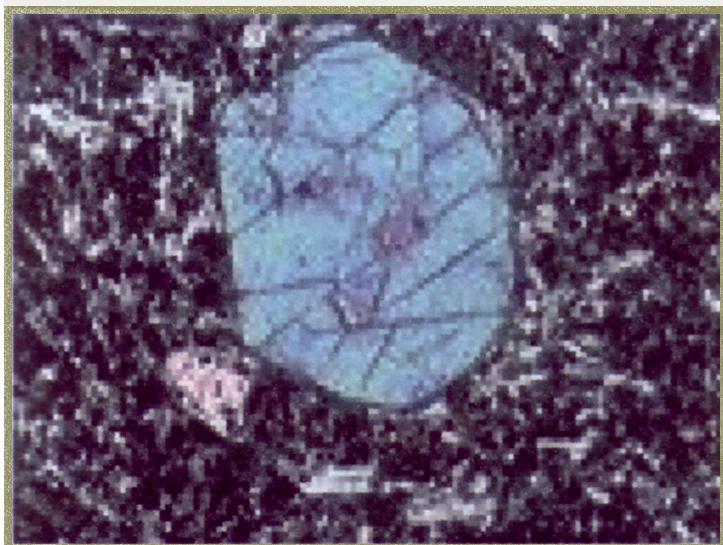


Plan général d'après E. Berger – www.volcans-ardeche.com

Ces volcans sont essentiellement basaltiques. Issue d'un magma profond – dont l'origine sera envisagée plus loin, la lave émise lors de leur éruption peut engendrer, selon les modalités de

Le basalte, résulte d'un écoulement du magma en surface. Celui-ci, d'une température de 1200 à 1400° C, se refroidit plus ou moins rapidement au contact de l'air ambiant et passe à l'état d'une

roche cohérente. Ce refroidissement s'accompagne de la formation de nombreux cristaux microscopiques (= microcristaux) au sein d'une pâte vitreuse. Ce n'est qu'en lame mince, au microscope polarisant, que ces cristaux peuvent être observés et identifiés. A l'œil nu, éventuellement à la loupe, on peut observer quelques rares cristaux (= macrocristaux) qui eux se sont formés lors de la remontée plus ou moins lente du magma sous la surface (ces minéraux sont encore appelés « *minéraux de haute température* »). Une telle structure de la roche est encore qualifiée de *microlitique*.



Lame mince de basalte (on observe un gros cristal d'olivine au sein d'une pâte formée de petits cristaux ou microlites et d'un verre amorphe).

Les *scories basaltiques* résultent, elles, d'une émission brutale, explosive, du magma dans l'atmosphère. Le refroidissement en est très rapide et les fragments de lave se prennent en masse, sans cristalliser, venant mouler plus ou moins grossièrement les bulles de gaz (vapeur d'eau, CO₂...) du magma. Il en résulte la formation d'une roche légère, vacuolaire à surface irrégulière, amorphe.



Scories volcaniques (Volcan de la Gravenne).

NATURE ET ORIGINE DU MAGMA BASALTIQUE

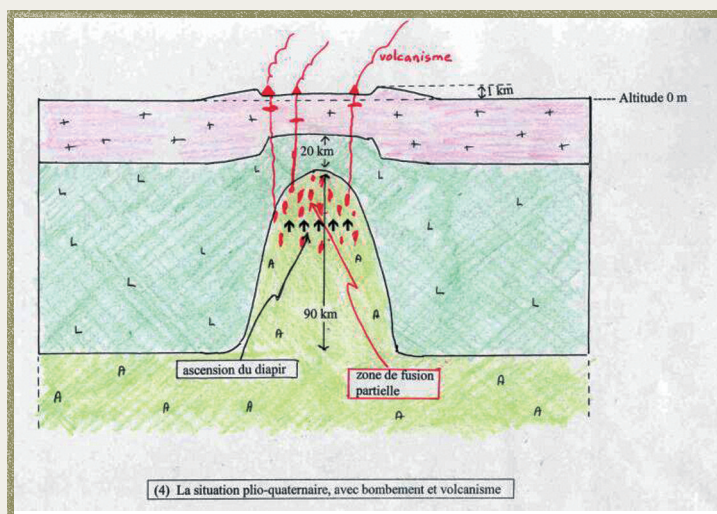
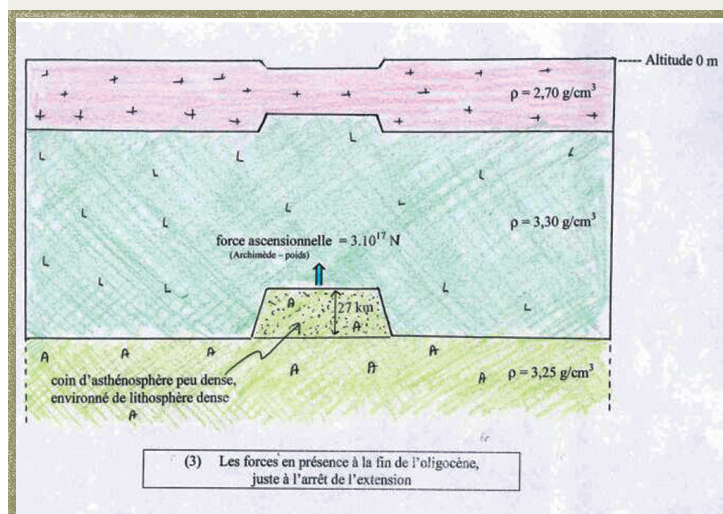
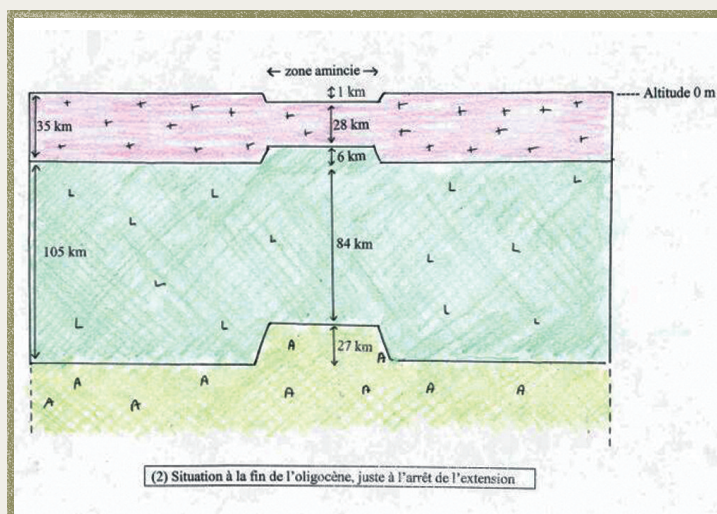
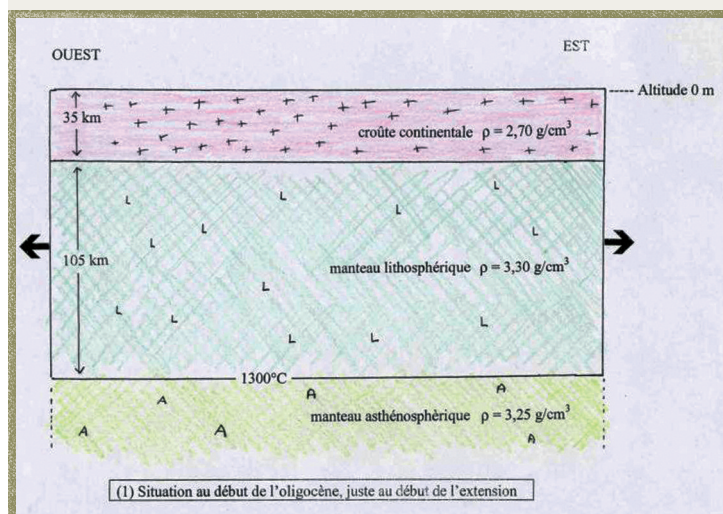
Le basalte de ces jeunes volcans –comme pour l'ensemble des volcans du Massif Central– appartient au groupe des *basaltes alcalins* dont le chimisme se caractérise par une pauvreté relative en silice (SiO₂), une teneur relativement élevée en sodium (Na₂O) et potassium (K₂O) – avec un rapport Na₂O/K₂O supérieur à 1– et la présence constante d'oxydes de fer (Fe₂O₃ et Fe₂O).

Au point de vue minéralogique, cette alcalinité se manifeste en particulier par la présence d'olivine (abondante), de feldspath alcalin comme le labrador, de pyroxène de type augite (souvent titanifère) de magnétite et parfois de feldspathoïdes comme la néphéline.

Le magma alcalin originel proviendrait de la fusion partielle du manteau profond *asthénosphérique*, (annexe 2) à la faveur d'une remontée de celui-ci, ce que l'on peut résumer en quelques lignes.

Le Massif central aurait d'abord été une zone d'amincissement lithosphérique, lié en particulier au mouvement des plaques et influencé par des anomalies profondes. Cet amincissement de la croûte (passant de 33 à 22 km d'épaisseur) aurait entraîné une fracturation crustale et au-delà, comme en témoignent les fossés d'effondrement des Limagnes par ex.. Secondairement, cette zone aurait évolué en un diapir mantélique amenant du matériel mantélique asthénosphérique profond (130 à 140 km) à des profondeurs moindres (50 à 70 km). La décompression de ce matériel de nature péridotitique, consécutive à cette remontée, en aurait entraîné une fusion partielle de l'ordre de quelques %, engendrant un liquide ou magma basaltique alcalin, qualifié encore de primaire. Ce fluide magmatique, moins dense que la péridotite, pourrait alors migrer vers la surface à la faveur des grandes fractures crustales, alimentant un volcanisme superficiel.

Moins dense que son environnement, le magma primaire migre vers la surface s'accumulant dans un réservoir (ou chambre) magmatique, situé à 10/15 km de profondeur et qui alimentera les éruptions volcaniques. Celles-ci sont provoquées par la mise sous pression de la chambre magmatique, liée soit à son alimentation par du magma « neuf » soit au dégazage du magma consécutif à l'abaissement de la pression qui libère les gaz au sein du liquide magmatique (vapeur d'eau – 80 à 90%- et CO₂ en particulier).



Schémas tirés de l'article « Le volcanisme d'Auvergne, un point chaud ? » de P. Thomas (ENS Lyon) 20/04/2001.

A la faveur de cette remontée, le magma peut entraîner des fragments non fondus de cette péridotite que l'on retrouve ainsi assez fréquemment en enclaves (nodules) dans ces basaltes alcalins.

La nature essentiellement basaltique des produits émis par les jeunes volcans ardéchois témoigne d'une remontée rapide du magma en surface, n'ayant pas permis la **différenciation** des produits de ce dernier. (annexe 3)

Composition chimique en % d'éléments chimiques	Péridotite Thueyts	Basalte alcalin Thueyts
O	44,47	43,28
Si	20,58	21,76
Al	1,44	8,33
Mg	25,66	5,79
Fe	5,85	8,47
Ca	1,24	6,94
Na	0,13	3,01
K	0,01	1,52
Ti	0,08	0,58
Cr	0,25	0,1
Mn	0,09	0,05
Ni	0,2	0,2



Nodule de péridotite dans basalte

Tableau comparatif de la composition d'un basalte alcalin et d'une péridotite (d'après E. Berger).

DYNAMISME DES JEUNES VOLCANS

La nature et la diversité des produits résultant de l'activité de ces volcans renseignent sur la dynamique des éruptions qui les ont engendrés. Ils relèvent de deux dynamismes essentiellement.

Volcanisme strombolien

Un cône volcanique strombolien est constitué d'une alternance de couches de projections et de coulées de lave. La remontée d'un magma basaltique riche en gaz (H_2O , CO_2 , SO_2 ...) entraîne des explosions qui projettent dans l'atmosphère des fragments de lave (de la gouttelette à des « paquets » importants.). Ces projections retombent autour de la bouche d'émission pour former un cône constitué d'un matériel scoriacé de couleur noire ou rouge appelé pouzzolane. La couleur noire ou rouille de ces scories correspond à un degré d'oxydation différent (passage des oxydes ferreux aux oxydes ferriques). Les paquets de lave expulsés, après avoir tourné dans l'atmosphère et s'y être refroidis rapidement, retombent en bombes volcaniques qui prennent d'étranges formes.

Scories et bombes sont encore qualifiées de *produits pyroclastiques*.

En Ardèche, le cratère de ces volcans est presque toujours égueulé par une coulée tardive (Suc de Bauzon, Gravenne, Jaujac...). En effet, lorsque la lave est dégazée, celle-ci s'écoule du cratère ou des flancs du cône à une vitesse pouvant atteindre 50 km/h et sur une distance de plusieurs dizaines de

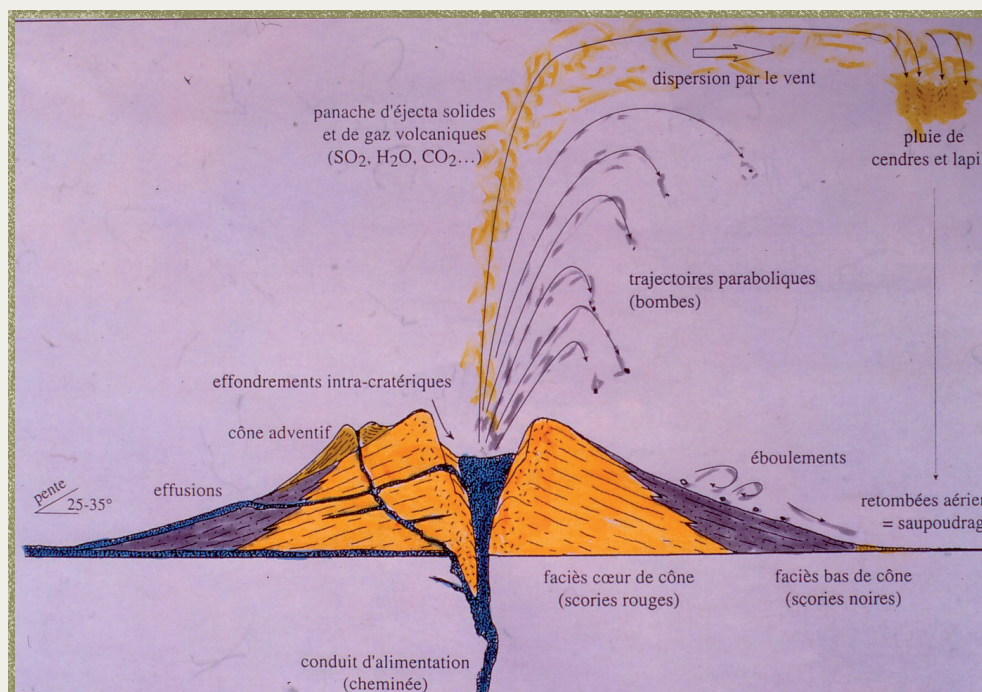


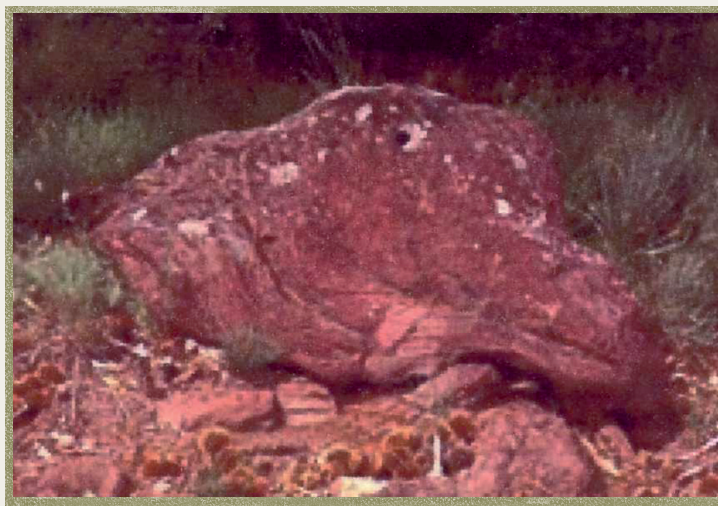
Schéma du fonctionnement d'un volcan strombolien.

kilomètres. Le refroidissement de cette coulée dure de quelques jours en surface à quelques mois voire plusieurs années dans la masse. S'écoulant sur un substratum de nature variée (roches sédimentaires, anciennes roches métamorphiques ou même volcaniques...) mauvais conducteur de chaleur, la lave se refroidit lentement, passant d'une phase « liquide » à une phase solide. Ce passage s'accompagne d'une diminution de volume d'où l'apparition de fentes de retrait, celles-ci s'organisant spontanément en un réseau hexagonal moins consommateur d'énergie. La régularité du gradient de refroidissement explique la géométrie de la partie inférieure de la coulée ou vraie colonnade (=orgues basaltiques).

La partie supérieure de la coulée, au contact de l'air, se refroidit plus rapidement, et les prismes n'ont pas le temps de s'organiser régulièrement et prennent des directions variées, formant la fausse colonnade.



Bombe volcanique dite « en bouse de vache ».



Bombe en fuseau.



Coulée du volcan de Jaujac... (vue d'ensemble) (vue de la vraie colonnade).

De tels volcans présentant une activité mixte (projections et coulées de lave) sont qualifiés de *stromboliens* par référence au volcan italien, le Stromboli.

Il arrive que le magma, dans sa remontée arrache des fragments des roches encaissantes, « ramonant » ainsi sa cheminée d'accès en surface et que l'on retrouve en enclaves au sein du basalte (enclave de roche granitique, métamorphique...).



Enclave de socle dans un basalte.

La Gravenne de Montpezat

C'est un bel exemple de cône strombolien égueulé. Situé à cheval sur la commune de Montpezat et de Thueyts, le cône de projections descend depuis l'altitude de 806 m., point culminant, jusqu'à la vallée de la Fontaulière. Autour du cratère de la Croze, les bombes en fuseau sont fréquentes et certaines atteignent une taille de 30 cm. Malheureusement, la plupart ont éclaté en morceaux en retombant au sol. Près du cratère on peut observer des scories soudées : ce phénomène se produit lorsque les scories retombent

très près du point d'émission où la température est encore très élevée.

Au pied de la Gravenne, sous le pont de Montpezat, en bordure de route, on peut observer une coulée basaltique présentant une belle prismation à certains endroits. La lave très fluide s'est écoulee vers le bas de la vallée jusqu'au pont de Veyrières ; à Amarnier, confluence de la Fontaulière avec la Bourges, elle repose sur la coulée du Ray Pic. Cette superposition indique qu'elle lui est postérieure.

Par contre, l'étude du panorama du château de Pourcheyrolles par E. Berger, a montré que la coulée de la Gravenne a été érodée et que 30 à 40.000 ans après, la coulée issue du Chambon a comblé la vallée alors formée (voir carte page 2).

L'application de la méthode de datation par thermoluminescence et l'étude du paléomagnétisme du basalte donnerait pour la Gravenne un âge voisin de 80.000 ans (E.Berger- 1981).



Vue générale du volcan.

La réalisation récente de la route Montpezat-Thueyts permet de constater que cet épisode strombolien a été précédé par un épisode phréatomagmatique.



On observera les dépôts phréatomagmatiques cendreaux et clairs, recouverts par les projections stromboliennes sombres.

Le suc de Bauzon

Cône strombolien égueulé parfait, il culmine à 1471 m. d'altitude et se repère facilement dans le panorama des suc phonolitiques. Le mot *suc* signifie étymologiquement « sommet pointu » et donc, malgré son nom, il ne se rattache en rien à ces dômes de lave visqueuse que sont les suc environnants (Gerbier, Mézenc ...).

Une coulée impressionnante en a égueulé le cratère vers l'ouest ; cette coulée s'est épanchée dans le lit de la Loire sur une distance de 7 à 8 km., sur une épaisseur atteignant localement 30 à 40 m. Elle est bien visible dans le paysage depuis Rieutord jusqu'au Barrage de LaPalisse.

Un sentier permet l'ascension du cône d'où une vue panoramique montre le maar de La Vestide du Pal.

La coupe de Jaujac



Se distinguant des autres volcans, la coupe de Jaujac – ainsi désignée pour sa forme évoquant une coupe à boire – s'est édifiée sur des sédiments carbonifères (grès houillers autrefois exploités du bassin de Prades-Jaujac) qui recouvrent eux mêmes le socle cristallin.

Le cône, très régulier, est de type strombolien, constitué de projections et, à un degré moindre, de coulées de lave. Selon certains auteurs, le cratère aurait été occupé par un lac de lave – des bordures figées de ce lac ont été décrites au cœur du cratère. La coulée basaltique émise par le volcan, et qui a égueulé une partie du cratère, est courte mais épaisse – atteignant une cinquantaine de mètres – et après 3 km 500 de course dans la vallée du Lignon a été bloquée par la coulée antérieure du Souilhol. Une observation attentive du site du Pont de l'Echelette plaide pour une émission discontinue de la lave (de la lave tardive ayant injecté du basalte en cours de refroidissement).

Les volcans de **Cherchemuse**, d'**Aizac**, la gravenne de **Thueyts**...entre autres relèvent de ce type de volcanisme.



Dans le cône de Cherchemuse.



*La « coupe de Jaujac » (vue depuis le village)
La coulée (Le Lignon a creusé dans la coulée
mettent à nu les roches cristallines du socle).*



Le volcan d'Aizac.....et sa coulée, un autre volcan strombolien.

Volcanisme phréatomagmatique

Il s'agit d'un volcanisme fortement explosif résultant de la rencontre entre le magma et de l'eau. Cette rencontre, à faible profondeur, entre un magma en phase ascensionnelle à la température de 1.200 à 1.400 °C et des eaux d'infiltration provoque une vaporisation brutale de celles-ci engendrant une surpression importante. Il en résulte une succession d'explosions très violentes, pulvérisant en proportion variable le magma et le socle.

Les projections émises en panaches éruptifs successifs retombent autour du cratère circulaire aux pentes intérieures abruptes, taillées directement dans le socle et contribuent à l'édification d'un rempart grossièrement stratifié formé de débris volcaniques variés (tufs, ponces, cendres...). Un tel édifice volcanique est un maar.

Des épisodes éruptifs de type strombolien plus calmes peuvent marquer la fin de l'activité explosive ainsi que l'émission d'une coulée de lave auquel cas le cratère est comblé de produits basaltiques résultant de cette activité terminale.

Un lac s'est parfois installé dans la dépression ainsi formée (lac d'Issarlès, lac Saint Martial, lac Ferrand...), laquelle peut être occupée par une narse (marécage tourbeux).

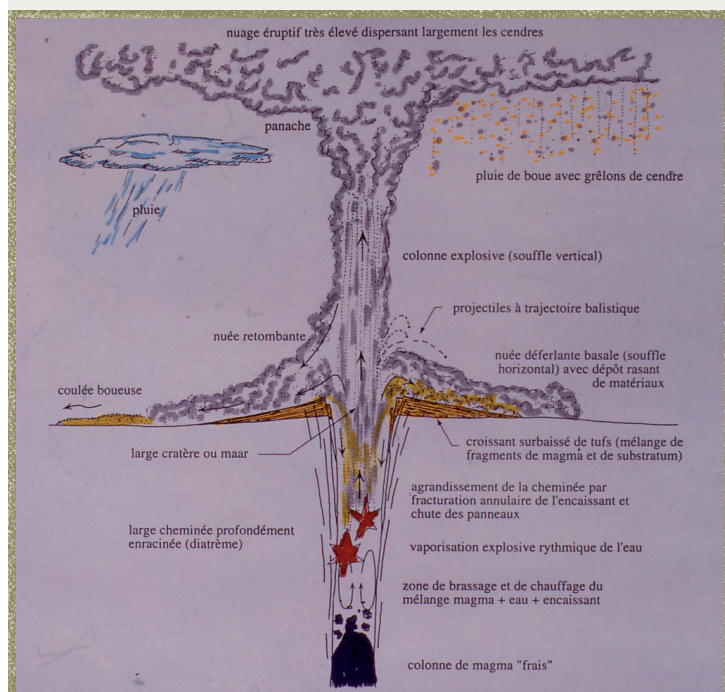


Schéma d'une éruption phréatomagmatique.



Le Lac d'Issarlès.



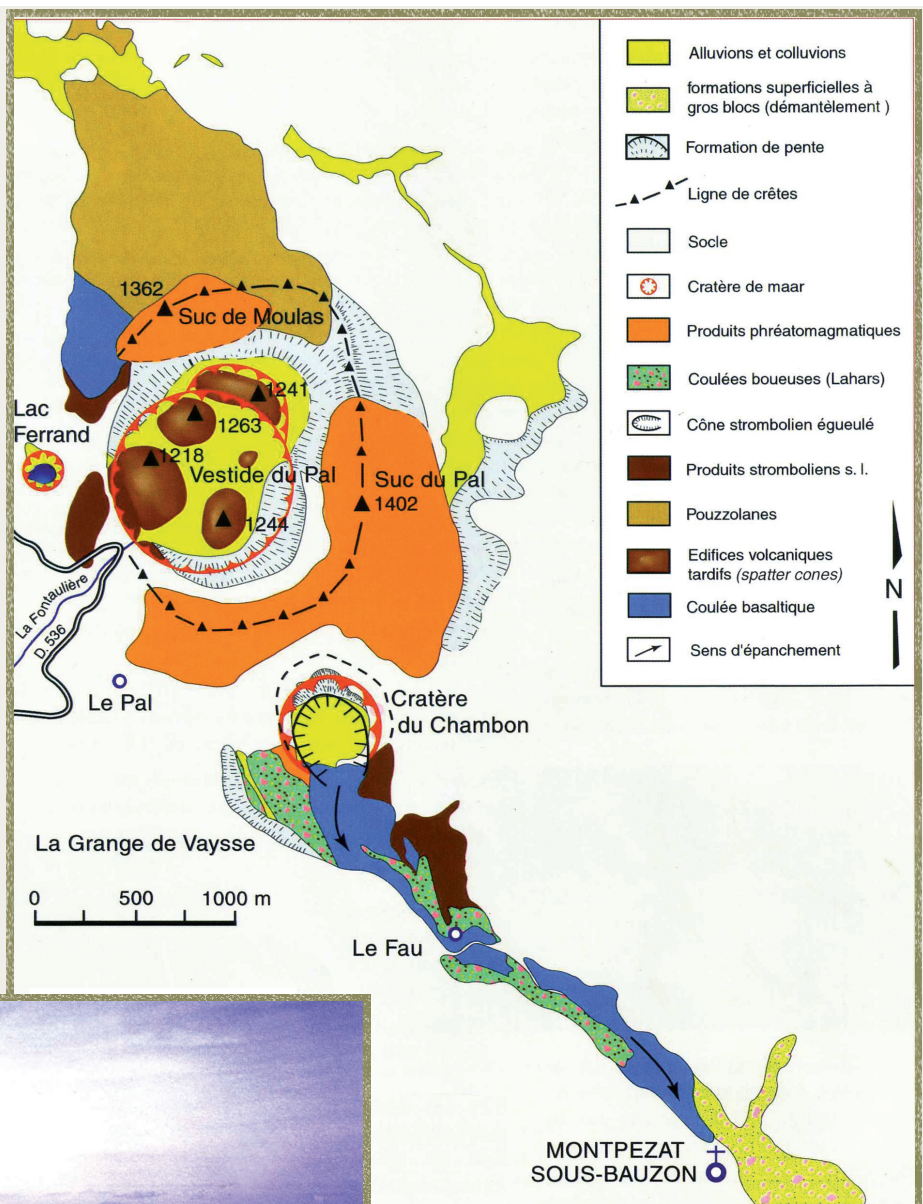
Dépôts phréatomagmatiques en bordure du lac.

La Vestide du Pal

L'appareil volcanique a la forme d'une vaste dépression circulaire de 1700 mètres de diamètre. Les produits d'explosion ou tufs de maar sont bien visibles sur le Suc du Pal mais difficiles d'accès ; ces produits phréatomagmatiques clairs et lités avaient été interprétés à tort au siècle dernier comme étant des dépôts sédimentaires.

Bien après la phase phréatomagmatique qui les a engendrés, se sont mis en place à l'intérieur de cette vaste dépression, cinq cônes basaltiques à dynamisme strombolien dont certains témoignent même de *fontaine de lave* (spatter cône). Les basaltes sont particulièrement riches en nodules de péridotite.

Si le cratère de la Vestide n'est pas aujourd'hui occupé par un lac, il reste cependant la source de la Fontaulière.



La Vestide du Pal.

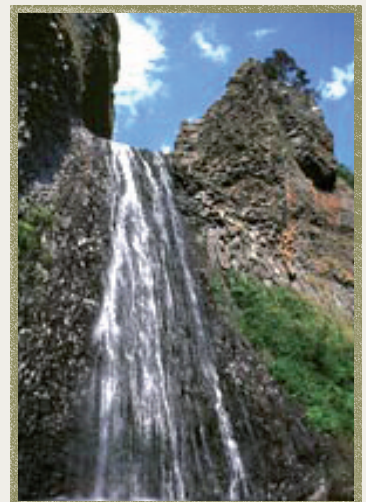


Le Chambon

Le cratère se situe au sud du précédent. Il a été totalement découpé dans le socle cristallin. Là aussi différents épisodes éruptifs se sont succédé dans son histoire allant d'un dynamisme de type maar à des éruptions de type strombolien.

Les produits émis sont bien visibles en remontant la vallée de la Pourseille. Depuis Le Fau on retrouvera ainsi des lahars, des scories et tufs de maar ainsi qu'une coulée basaltique. L'organisation spatiale de ces différentes formations témoignent d'une histoire particulièrement complexe pour ce volcan longtemps ignoré des chercheurs.

Dans le cas du **Ray-Pic**, la formation d'un maar a été suivie par une phase strombolienne qui s'est achevée par l'émission d'une importante coulée basaltique.

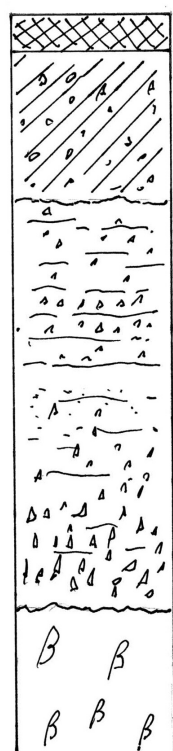


La cascade du Ray Pic.

EN GUISE DE CONCLUSION

Au cours du temps ces édifices ont subi l'action des facteurs d'érosion en même temps que sur les épanchements de basalte résultant leur activité, un sol s'est établi par altération du basalte.

La nature et les propriétés des sols développés sur basalte sont liées à la nature particulière des produits d'altération (hydroxydes d'aluminium, fer, manganèse, magnésium... oxydes de silicium...). Ceux ci, par combinaison avec les acides humiques, forment dans le sol une fraction colloïdale constituée de complexes organo-minéraux stables très hygroscopiques et à propriétés de gels. Au sein de ces gels peuvent se former secondairement par ailleurs des argiles (type halloysite... beidellite...). La majorité des sols ainsi formés sont des sols moyennement profonds ou andisols ou encore sols andiques. Ces sols acides, à fort pouvoir de rétention d'eau, à capacité d'échange élevée et teneur en matière organique importante sont particulièrement favorables à l'installation de prairies permanentes, de prés de fauche, de landes... de taillis de hêtres... de reboisements de conifères.



A1 0à7 cm. **Horizon humifère**, frais, brun noir et humide poreux- texture sablo-argilo-limoneuse – meuble – fort enracinement- graviers et sables basaltiques...

limite nette

A2 7à27 cm. **Horizon peu humifère**, frais, brun clair, meuble- fort enracinement

limite irrégulière

B 27à47 cm. **Horizon sec, brun jaunâtre**, cohérent – cailloux et grains nombreux- grosses racines..

limite progressive irrégulière

B/C 47à87 cm. **Horizon sec brun jaunâtre**, très nombreux blocs basaltiques s'altérant en limon brun jaunâtre poudreux.

Limite progressive

Basalte scoriacé, représentant la partie supérieure de la coulée

Depuis des milliers d'années jusqu'à aujourd'hui, les hommes ont su tirer partie de la « ressource volcanique ». Dans des abris creusés dans les coulées de basalte ou les dépôts de maars (Issarlès par ex.) l'homme préhistorique taillait ses outils. Ses héritiers ont tiré de ces volcans le matériel nécessaire pour la construction de maisons, granges, chapelles ou églises dont le visiteur peut apprécier l'architecture en traversant villes et villages de ce territoire ...



Un mur de grange...

... sans oublier l'exploitation de la pouzzolane recherchée entre autre en construction pour ses qualités d'isolation thermique et phonique.



La carrière de Thueyts.

Profil d'un sol andique différencié à Jaujac (thèse de doctorat de J.Monnerieu 1977).

BIBLIOGRAPHIE

. L'espace forestier pédagogique de la Gravenne. M. Aymes – 1999. Document pédagogique.

. Montpezat, une commune où se côtoient maars et volcans stromboliens. M. Aymes – 2006. Bulletin annuel de l'Association es Enfants et Amis de Montpezat.

. Le volcanisme récent de l'Ardèche. E.T Berger - 1973. Thèse du 3^e cycle- Univ. Orsay.

. Perspectives offertes par le volcanisme du secteur Montpezat sous Bozon. E.T Berger - 1998. Rapport préliminaire dans le cadre du projet « Pays des jeunes volcans d'Ardèche ».

. Jeunes volcans d'Ardèche. E.T Berger - 2007. Ed. Sud Ouest.

. Magmatisme et roches magmatiques. B.Bonin - 2004. Ed. Dunod.

. Altération des roches, formation et évolution des sols sur basalte, sous climat tempéré et humide (Velay, Vivarais, Coirons). J. Monnerieu - 1977. Thèse.

. Guide des volcans de France. P. Richet - 2003. BRGM éd. Belin.

. Dictionnaire de Géologie de Foucault et Raoult. Ed. Masson.

. Nombreux sites en particulier le site www.volcans-ardeche.com réalisé à partir des travaux d'E. Berger par le S.I.T.H.E.R.E et le site www.ens.lyon.fr.

. Guide du patrimoine. Ardèche, Hommes, territoires, patrimoines Conseil Général de l'Ardèche.

. Cailloux n°1. Les volcans du Velay. H. Sidier, H. Jacquemin, Ed. Bayron. Saint Etienne

ANNEXE 1 MÉTHODES DE DATATION

Deux méthodes ont été utilisées pour dater les jeunes volcans d'Ardèche, la méthode par le Carbone 14 et la thermoluminescence.

Datation par le Carbone 14

Cette méthode de datation s'applique à des restes végétaux (bois carbonisés par exemple) que l'on peut retrouver au sein de produits volcaniques.

Le C_{14} ou radiocarbone, un isotope radioactif du C_{13} , est présent dans la haute atmosphère en très faible quantité (1,2% contre 98,8% pour le carbone 13). Il provient de façon continue du bombardement de l'azote par des neutrons dans la haute atmosphère. Libre, il peut se désintégrer sans compensation.

Ce C_{14} est rapidement oxydé dans l'atmosphère pour donner du $C_{14}O_2$. Celui-ci (au même titre que le $C_{13}O_2$) est absorbé par les végétaux chlorophylliens pour produire par photosynthèse de la matière organique comme par exemple la lignine du bois. Le « bois vivant » contient donc ainsi toujours dans une certaine proportion du C_{14} (quantité enregistrable par un détecteur et dont on a constaté qu'elle est constante dans le monde végétal). Lorsqu'un arbre est abattu ou meurt, le bois cesse de vivre, la photosynthèse s'arrêtant il n'y a plus absorption de gaz carbonique et en particulier de $C_{14}O_2$. L'isotope C_{14} présent dans le bois « vivant » se désintègre alors sans compensation.

Notion de demi-vie

On désigne par demi-vie, la période au terme de laquelle la teneur du bois mort en C_{14} est égale à la moitié de sa teneur initiale. Elle est conventionnellement de 5568 ± 30 ans. Compte tenu de cette décroissance exponentielle du C_{14} il sera possible de dater des bois anciens.

Ainsi si on mesure aujourd'hui l'activité C_{14} ($=A_t$) d'un bois mort en la comparant à l'activité C_{14} ($=A^0$) d'un bois récent, on pourra en déduire le temps écoulé depuis sa mort donc son âge par une formule mathématique.

Limites de la méthode

L'application de cette méthode suppose une constante de l'activité C_{14} au cours du temps. Or il y a eu des fluctuations de la teneur de l'atmosphère en C_{14} au cours de celui-ci. Celles-ci sont aujourd'hui quantifiées et sont introduites dans les procédures de correction des âges évalués par la simple formule mathématique.

D'autre part, compte tenu de la demi-vie relativement courte du C_{14} , cette méthode de datation ne permettra guère de remonter le temps au-delà de 45.000 à 50.000 ans. Notons par ailleurs que si les résultats que donne cette méthode appliquée à des bois calcinés sont plausibles (dans les limites évoquées ci-dessus), par contre ceux-ci sont beaucoup plus contestables lorsque la méthode s'applique à des paléosols (ce qui fut le cas pour la datation des jeunes volcans d'Ardèche).

Datation par thermoluminescence

Méthode de datation mise au point dans les années 1950 pour la datation de céramiques, elle a trouvé ultérieurement des applications dans celle des roches volcaniques en particulier.

Certaines substances minérales, comme le quartz, les feldspaths ou encore les zircons (minéraux présents dans de nombreuses roches) ont la propriété, chauffés après avoir subi une exposition à un rayonnement ionisant, d'émettre une lueur transitoire : c'est le phénomène de **thermoluminescence**. Cette lueur disparaît spontanément même si on continue à chauffer le minéral en question.

Par ailleurs, il est possible d'obtenir une lueur transitoire, en soumettant une telle substance à un rayonnement ionisant (uranium ou autre élément radioactif) puis en l'exposant à la lumière. On parle dans ce cas de *luminescence stimulée optiquement*.

Luminescence et datation.

Au cours du temps les matériaux sont continuellement irradiés par les éléments radioactifs naturels (uranium, thorium, isotope radioactif du potassium...). La luminescence de ces matériaux, quantité de lumière émise lors d'une chauffe...ou d'une stimulation optique, va être **fonction de la durée d'irradiation qu'ils ont subi dans le milieu naturel**. Si le dit matériau est chauffé une deuxième fois, il n'émettra plus de lumière.

Par ailleurs, des matériaux ayant perdu leur propriété de luminescence soit par surchauffe soit par éclairage intense, pourront la réacquérir sous l'action de radioéléments et en présence de lumière.

Principe de la méthode

On évalue la luminescence archéologique (= géologique ou paléo dose), c'est-à-dire par exemple, la thermo luminescence acquise par le matériau depuis sa dernière chauffe (par exemple sur des quartz d'un matériau qu'est venu recouvrir une coulée ou des quartz d'une inclusion). Elle peut être déterminée en comparant la thermoluminescence naturelle à celle induite par une source radioactive calibrée.

On évalue, grâce à des dosimètres ultrasensibles aux radiations, la dose annuelle contenue dans ce même matériau et le sol environnant.

L'âge est donnée par la formule

$$\text{Age} = \text{paléodose} / \text{dose annuelle.}$$

La période couverte par cette technique de datation va de moins de 100 ans à 1 million d'années au maximum. La précision sur les âges évalués est de l'ordre de 5% à 15%.

Limites de la méthode

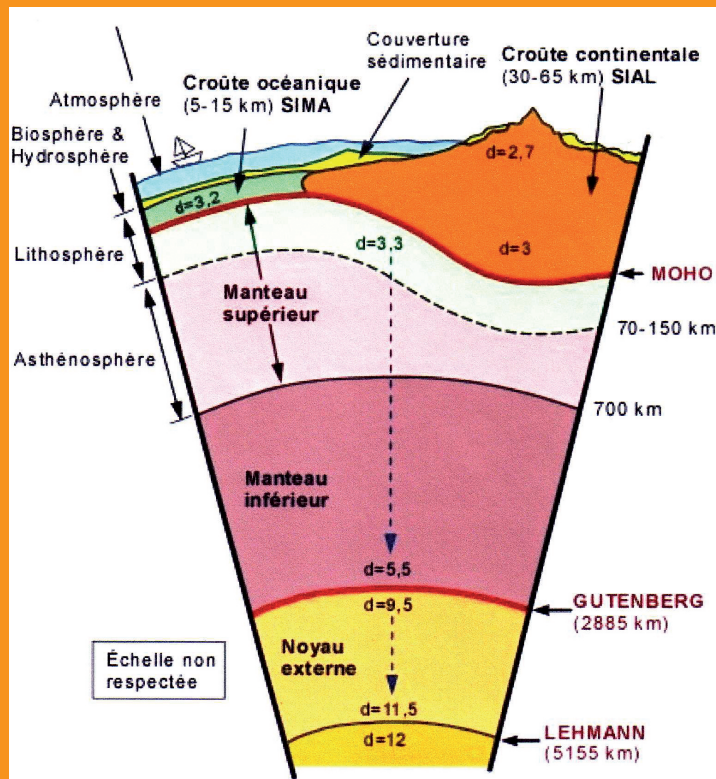
La thermoluminescence évalue la période écoulée depuis la dernière chauffe qui ne correspond pas forcément à l'événement à dater.

Le matériau doit contenir des minéraux thermoluminescents et sensibles à l'irradiation.

La capacité d'emmagasiner l'énergie des minéraux est une limitation naturelle de l'application de cette méthode, d'où la période couverte limitée.

La présence par ailleurs dans le basalte de nombreux éléments arrachés au socle ou à la croûte nécessitera une correction parfois non négligeable des mesures.

ANNEXE 2 STRUCTURE DU GLOBE



minéraux de moyenne température) entraînant une nouvelle différenciation...

Ainsi donc, en fonction du degré de différenciation, un même magma originel pourra engendrer en surface des roches de nature et composition minéralogique (très) différente.

Si par exemple un magma originel de composition basaltique ne subit pas ou peu de différenciation, il engendrera en surface des basaltes. C'est le cas pour nos jeunes volcans décrits dans cet article ; on peut aisément en déduire que la remontée en surface du magma depuis sa zone de formation a été suffisamment rapide pour que le processus de différenciation reste très limité.

Par contre, si la différenciation a été importante, ce même magma originel engendrera en surface des roches de nature différente telles que des trachytes voire des phonolites.

Cette évolution de la composition du liquide magmatique par suite de la cristallisation fractionnée, s'accompagne d'une évolution de sa viscosité. Le magma résiduel s'appauvrissant en éléments comme Fe et Mg devient de plus en plus visqueux, d'où il résultera une évolution du dynamisme éruptif.

Le petit schéma suivants résume ce processus de façon simplifiée.

ANNEXE 3 DIFFÉRENCIATION MAGMATIQUE

C'est le processus par lequel un magma de composition donnée évolue vers un magma de composition différente.

Ainsi, lorsqu'un magma basaltique par exemple, stationne suffisamment longtemps dans une chambre magmatique, sa température s'abaisse lentement, tendant à se mettre en équilibre avec celle de son environnement (il en est d'ailleurs de même la pression). Il va en résulter en son sein, un processus de **cristallisation fractionnée**, lié au fait que les minéraux susceptibles de cristalliser n'ont pas tous la même température de cristallisation. Ainsi cristalliseront en premier les minéraux dits de *haute température*, comme l'olivine et le pyroxène. Par ailleurs, plus denses que le liquide magmatique dans lequel ils se forment, ils vont peu à peu sédimenter vers le fond de la chambre.

En cristallisant, ils prélèvent dans le magma les éléments chimiques nécessaires à leur formation – en l'occurrence Fer et Magnésium particulièrement –, entraînant un appauvrissement *relatif* en ceux-ci du liquide magmatique. Ainsi se séparera à terme, un cumulat de cristaux au fond de la chambre au dessus duquel surnagera un liquide magmatique résiduel de composition chimique quantitativement différente du liquide originel (appauvri en certains éléments et enrichi relativement en d'autres).

Au sein du liquide résiduel ; la température continuant à s'abaisser...le processus de cristallisation fractionnée pourra se poursuivre (avec cristallisation par ex. de

